

# PEMODELAN LAPISAN FISIK UNTUK EFISIENSI ENERGI PADA JARINGAN SENSOR NIRKABEL

Miftahur Rohman<sup>1</sup>, Wirawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, ITS  
Keputih, Sukolilo, Surabaya, Indonesia 60111

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, ITS  
Keputih, Sukolilo, Surabaya, Indonesia 60111  
email : miftahur\_r@ymail.com<sup>1</sup>, wirawan@ee.its.ac.id<sup>2</sup>

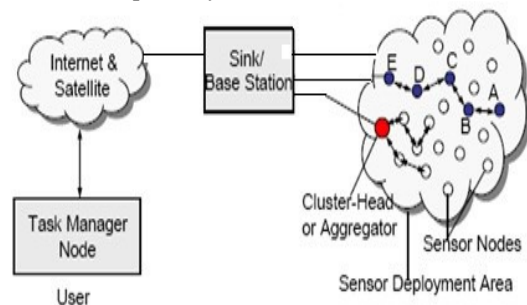
**Abstrak:** Monitoring aktifitas lingkungan merupakan hal penting bagi kehidupan manusia terhadap lingkungan sekitarnya seperti monitoring pertanian, monitoring rumah dan lain-lain. Dalam monitoring diperlukan suatu jaringan sensor nirkabel karena sifatnya yang praktis. Jaringan sensor nirkabel memiliki energi yang sangat terbatas, sehingga pemakaiannya juga terbatas. Dalam aktifitas monitoring, jaringan sensor nirkabel akan bekerja secara optimal dan tahan lama, maka perlu melakukan optimasi pada parameter - parameter lapisan fisik jaringan sensor nirkabel seperti jarak hop node, transmisi energi node, dan skema modulasi untuk efisiensi energi dalam jaringan sensor nirkabel. Metode yang digunakan adalah metode Nelder Mead Simplex yang dapat mengetahui batasan optimum pada parameter-parameter lapisan fisik untuk mendapatkan penggunaan energi yang efisien. Hasil yang dicapai pada penelitian ini adalah pada jaringan yang menggunakan 2 node semakin jauh jaraknya maka semakin besar energi yang dibutuhkan, dengan 3 node energi minimum terjadi pada jarak antar node sama yaitu sebesar 50 m. Dengan menggunakan node yang banyak maka energi efisien akan didapatkan ketika jaringan menggunakan node paling banyak, begitu halnya apabila menggunakan modulasi BFSK.

**Keywords:** jaringan sensor nirkabel, lapisan fisik, energi

## 1. PENDAHULUAN

Monitoring terhadap suatu aktifitas lingkungan merupakan hal yang sangat menarik untuk dikembangkan. Seperti yang diketahui, aktifitas manusia berpengaruh terhadap lingkungan sekitarnya dalam kehidupan sehari-hari. Banyak sekali penelitian yang telah dilakukan terhadap lingkungan sekitar, salah satunya seperti monitoring pertanian yang digunakan untuk evaluasi kadar nutrisi dalam tanah dan kelembaban tanah, monitoring dalam kegiatan industri seperti deteksi terjadinya error mesin dan pengawasan properti-properti yang ada dalam industri, dan kegiatan monitoring lainnya. Dalam monitoring ini memerlukan suatu sensor untuk dapat memonitoring aktifitas lingkungan tersebut. Akan tetapi dalam monitoring terhadap aktifitas sekitar lingkungan tersebut, setiap sensor akan berkomunikasi dengan sensor-sensor lainnya dan juga terhadap pusat akses kontrol yang membentuk suatu jaringan sensor. Dalam jaringan sensor agar lebih efektif dalam instalasi Gambar 1. Jaringan Sensor Nirkabel diperlukan media nirkabel sehingga disebut sebagai jaringan sensor nirkabel [1]. Jaringan sensor nirkabel (JSN) adalah suatu jaringan yang dibuat khusus untuk menangani tugas yang berkaitan dengan deteksi atau monitoring

kondisi lingkungan melalui media komunikasi nirkabel dengan sistem sensor yang tersebar dan terdistribusi yang merupakan bagian integral atau kesatuan dari ruang fisik beberapa komponen jaringan sensor nirkabel [2]. Jaringan ini terbentuk dari dua komponen, yaitu node sensor dan sink.



Gambar 1. Jaringan Sensor Nirkabel

Node sensor merupakan komponen kesatuan dari jaringan yang mendapatkan informasi dari penginderaan terhadap lingkungan. Sink merupakan kesatuan yang mengumpulkan informasi dari node sensor sehingga dapat dilakukan pengolahan informasi lebih lanjut. Terdapat beberapa bentuk sink yaitu sink dapat berupa node sensor yang lain

dalam bentuk sensor/actuator dari jaringan itu sendiri atau dari jaringan lain. Sink juga dapat berupa sebuah laptop/komputer, sebuah PDA, sebuah smartphone, dan lain - lain yang digunakan untuk berinteraksi dengan jaringan sensor nirkabel. Bahkan sink dapat berupa gateway ke jaringan yang lebih besar seperti internet sehingga interaksi dapat dilakukan melalui jarak yang sangat jauh dan tidak terkoneksi secara langsung dengan jaringan sensor nirkabel. Ilustrasi sederhana sebuah jaringan sensor dapat dilihat pada gambar 1. Dalam kegiatan monitoring terhadap aktifitas lingkungan, jaringan sensor nirkabel akan berkerja secara real time atau terus menerus. Untuk menjalankan jaringan sensor nirkabel tersebut tentunya membutuhkan suatu sumber daya agar jaringan sensor nirkabel dapat bekerja. Jika jaringan sensor nirkabel bekerja secara terus menerus maka akan terjadi penggunaan sumber daya yang berlebih yang dapat mengakibatkan pemborosan penggunaan sumber daya. Agar jaringan sensor nirkabel tersebut dapat bekerja secara maksimal dan juga bertahan lama, maka perlu melakukan optimasi pada jaringan sensor nirkabel untuk penghematan dalam penggunaan sumber daya. Optimasi yang dilakukan dapat juga memperpanjang masa pakai jaringan sensor nirkabel.

Pada penelitian sebelumnya optimasi jaringan sensor nirkabel menjelaskan tentang optimasi melalui metode optimasi ukuran paket. Tetapi dalam metode tersebut trafik dalam pengiriman dan penerimaan sinyal yang digunakan pada rute tersebut hanya pada jarak yang relatif pendek sehingga tidak banyak node yang digunakan [3], kemudian pada penelitian berikutnya untuk mengatasi trafik pada node yang terbatas dan pendek, maka digunakan skema multi hop berdasar algoritma routing jaringan sensor nirkabel [4]. Pada skema multihop tersebut ternyata dalam penggunaan modulasinya belum terdapat efisiensi energi jaringan dalam penggunaan modulasi sehingga skema multi hop tersebut menggunakan metode pemilihan skema modulasi adaptive yang dapat memberikan pemilihan skema modulasi yang paling efektif untuk efisiensi energi jaringan [5].

Pada penelitian ini, optimasi yang akan diteliti adalah pada parameter parameter lapisan fisik yaitu transmisi energi node, jarak hop antar node, dan juga pemilihan skema modulasi yang tepat terhadap optimasi jaringan sensor nirkabel dengan tujuan penghematan energi pada jaringan sensor nirkabel sehingga waktu pemakaian jaringan sensor nirkabel tersebut dapat bertahan lebih lama. Optimasi lapisan fisik jaringan sensor nirkabel tersebut diterapkan metode Nelder Mead Simplex yang menggunakan algoritma pencarian fungsi

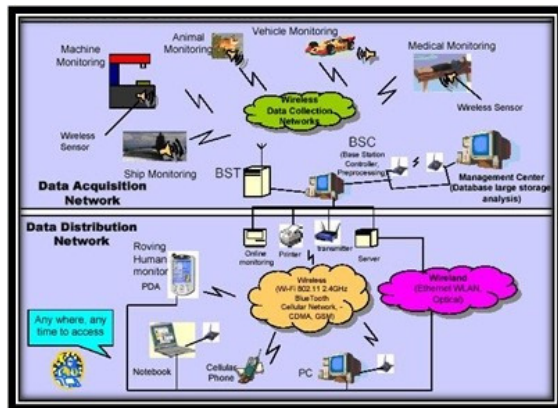
minimum pada parameterparameter lapisan fisik dengan menggunakan ukuran utama pada optimasi adalah ESB (Energy per Successfully Bit). Pada pemilihan skema modulasi akan digunakan modulasi M-PSK, M-FSK, M-ASK

## 2. MODEL, ANALISA, DESAIN, DAN IMPLEMENTASI

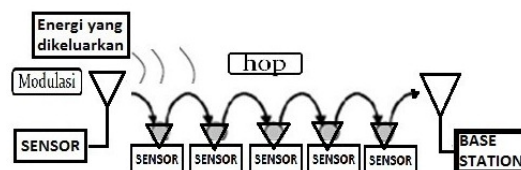
Pada bagian ini akan menjelaskan beberapa referensi / pustaka yang berkaitan dengan penelitian ini beserta dengan model, desain, implementasi dan juga analisa yang dilakukan.

### 3.1. Jaringan Sensor Nirkabel

Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) adalah suatu infrastruktur jaringan wireless yang menggunakan sensor untuk memonitor fisik atau kondisi lingkungan sekitar, seperti suhu, suara, getaran, gelombang elektromagnetik, tekanan, gerakan, dan lainlain. Masingmasing node dalam jaringan sensor nirkabel biasanya dilengkapi dengan radio transceiver atau alat komunikasi wireless lainnya, mikrokontroler kecil, dan sumber energi, biasanya baterai. Informasi node akan dikumpulkan pada base station kemudian diteruskan menuju BSC dan kemudian diolah pada pusat pengolahan data [6]. Setelah melalui pengolahan data akan dikirimkan menuju pengguna melalui perangkat penerima yang berupa HP, laptop, dll. Secara umum aplikasi jaringan sensor nirkabel dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Aplikasi Jaringan Sensor Nirkabel



**Gambar 3.** Lapisan Fisik Jaringan Sensor Nirkabel

### 3.1. Lapisan Fisik Jaringan Sensor Nirkabel

Lapisan fisik merupakan lapisan pertama dalam model referensi jaringan OSI pada suatu jaringan sensor nirkabel yang dari tujuh lapisan lainnya. Lapisan ini mendefinisikan antarmuka dan mekanisme untuk mengirimkan bit-bit data diatas media jaringan (kabel, radio, atau cahaya). Lapisan fisik jaringan sensor nirkabel [7] [8].

#### 1) Energi transmisi node

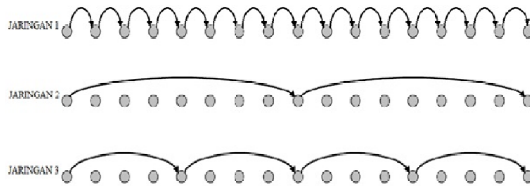
Dalam mengirimkan suatu pesan, node jaringan sensor membutuhkan daya agar dapat bekerja. Daya yang didapatkan dari baterai yang berukuran kecil dengan daya yang terbatas.

#### 2) Jarak hop antar node:

Suatu node dapat berinteraksi dengan node-node lainnya melalui hop-hop yang dilewatinya. Node-node yang berinteraksi tersebut akan membentuk jaringan yang kemudian dikirimkan menuju fusion center / tempat pengolahan data. Sistem transmisi menggunakan pemodelan kanal AWGN dengan noise variansi. Model kanal yang digunakan untuk energi total dalam transmisi yang diberikan dalam persamaan (1).

$$E_{\text{consumed}} = \alpha \times E_{\text{RX}} \times d_n + 2 \times E_{\text{TX}} \quad (1)$$

Dimana  $E_{\text{Consumed}}$  merupakan energi yang dikonsumsi untuk transmisi,  $\alpha$  adalah redaman kanal yang berasal dari panjang gelombang dari sinyal,  $E_{\text{TX}}$  merupakan energi yang dikeluarkan selama transmisi hop antar node,  $E_{\text{RX}}$  adalah energi yang diterima pada receiver,  $d$  adalah jarak hop, dan  $n$  merupakan faktor path loss.



**Gambar 4.** Skema Jaringan Multihop

Energi per bit yang berhasil diterima (ESB) adalah nilai yang harus diminimalisir dengan pengaturan yang tepat dari parameter-parameter lapisan fisik yang ditunjukkan pada persamaan (2)

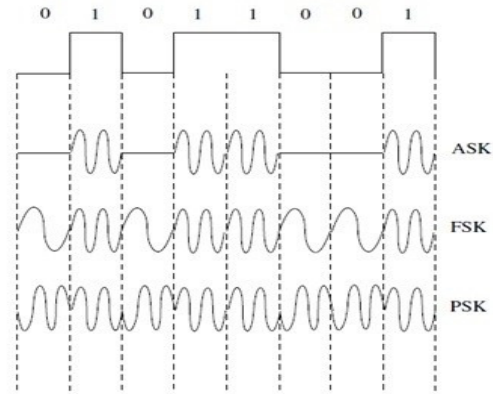
$$ESB = \frac{\frac{k}{b} (E_{s, TX} + 2E_{s, fixed})}{(k - k_0)(1 - P_{e, s})^{\frac{k}{b}}} \quad (2)$$

Dimana  $k_0$  adalah jumlah bit overhead dalam paket,  $k$  merupakan jumlah bit per paket,  $P_{e, s}$  adalah probabilitas error simbol,  $b$  adalah jumlah bit per simbol dengan  $M$  merupakan level modulasi yang digunakan dan  $\frac{k}{b}$  adalah jumlah simbol yang diperlukan untuk  $k$ -bit paket.

Untuk gambaran lapisan fisik ditunjukkan pada Gambar 3. Dalam jaringan ini, node mengirim data ke base station. Salah satu pertimbangan lapisan fisik adalah jarak hop. Dalam jaringan 1, jarak hop kecil sehingga disipasi energi per hop rendah. Akan tetapi dalam transmisi menuju base station menggunakan banyak hop, maka disipasi energi menjadi besar. Dalam jaringan 2, jarak hop besar sehingga energi per hop yang digunakan besar tetapi jumlah hopnya sedikit. Dalam jaringan 3, jarak hop optimal, sehingga energi yang digunakan menjadi optimal juga. Efisiensi energi dalam beberapa penggunaan hop jaringan dapat dijelaskan pada Gambar 4.

#### 3) Skema Modulasi

Dalam mengirimkan suatu sinyal melalui udara, maka sinyal tersebut akan melewati proses modulasi dengan tujuan agar transmisi menjadi efisien atau memudahkan pemancaran, menekan noise atau interferensi, dan lain-lain.



**Gambar 5.** Skema Modulasi Jaringan

FSK adalah salah satu skema modulasi yang paling sering digunakan untuk komunikasi nirkabel. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 5, frekuensi carier ( $f_c$ ) dari gelombang yang bervariasi

berdasarkan pada bit informasi yang akan dikirim. Dengan memilih nilai frekuensi jauh, sinyal yang berbeda dan bit dapat dideteksi pada penerima.

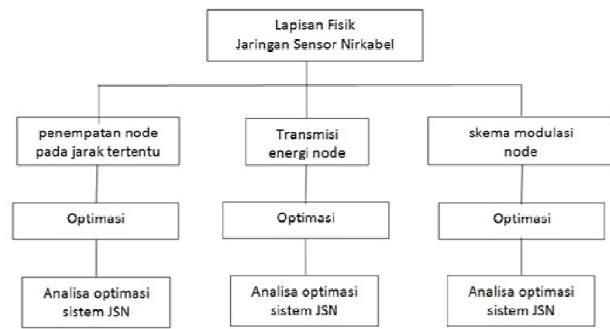
### 3.1. Nelder Mead Simplex

Metode Nelder Mead dikenal pula sebagai metode Polihedron Fleksibel atau metode Simplex (minimisasi) adalah suatu metode yang digunakan sebagai algoritma pemecahan masalah optimasi yang tidak linier. Metode ini ditemukan oleh John Nelder dan Roger Mead pada tahun 1965. Metode ini dikategorikan sebagai metode numerik yang bermanfaat untuk mencari nilai minimum suatu fungsi dengan banyak variabel apabila turunan dari fungsi tersebut sulit untuk dicari dengan menggunakan metode kalkulus. Metode ini digunakan untuk mencari solusi optimal pada masalah dengan N variabel [9].

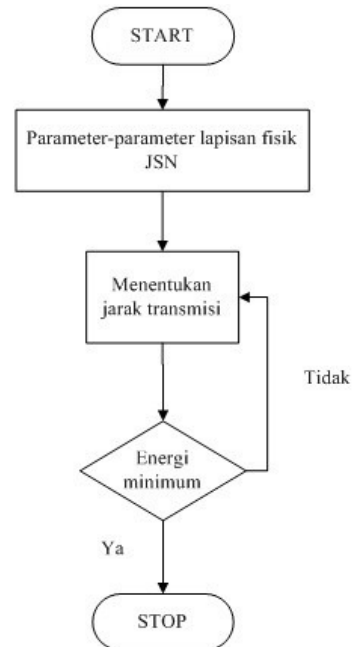
### 3.1. Desain Sistem Penelitian

Pada penelitian ini beberapa langkah penelitian yang dilakukan yaitu pertama dilakukan pemodelan sistem Jaringan Sensor Nirkabel, kemudian menentukan parameter-parameter lapisan fisik jaringan sensor nirkabel yaitu menentukan energi yang dibutuhkan untuk transmisi jaringan sensor nirkabel, menentukan penempatan node jaringan sensor nirkabel dengan jarak hop yang berbeda antara node yang satu dengan yang lainnya, dan menentukan skema modulasi yang digunakan dalam jaringan sensor nirkabel.

Modulasi yang digunakan pada penelitian ini adalah MPSK, M-FSK, dan M-ASK. Setelah menentukan parameterparameter yang digunakan pada penelitian ini, kemudian menerapkan metode Nelder Mead Simplex pada sistem jaringan sensor nirkabel untuk melakukan optimasi pada parameterparameter tersebut yang bertujuan untuk melakukan penghematan energi dalam transmisi pada jaringan sensor nirkabel, setelah itu akan dilakukan analisa terhadap penghematan energi yang menggunakan metode Mead Nelder Simplex tersebut. Rancangan penelitian dapat ditunjukkan dalam Gambar 6 yang menunjukkan analisa pada setiap paramater-parameter lapisan fisik yang dilakukan setelah dilakukan optimasi jaringan sensor nirkabel. Adapun diagram alir dalam proses pengerjaan penelitian ini yang dijelaskan pada Gambar 7.



Gambar 6. Blok Diagram Penelitian



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

Analisa optimasi jaringan sensor nirkabel dilakukan menggunakan Matlab. Optimasi utama dalam jaringan menggunakan metrik utama ESB. Fungsi Matlab pada penelitian ini digunakan untuk mencari minimum dari energi pada jaringan melalui fungsi pencarian minimum ( `fminsearch` ). Fungsi pencarian minimum tersebut menggunakan konvergensi dari Nelder Mead Simplex.

Pada penelitian ini, variabel parameter-parameter lapisan fisik yang digunakan untuk optimasi jaringan sensor nirkabel seperti transmisi energi pada node, jarak hop antara node, dan skema modulasi adalah batas jarak optimum pada node, penggunaan energi optimum melalui skema modulasi, hubungan probabilitas error terhadap

optimasi parameter jaringan, dan hubungannya kerapatan daya noise terhadap penggunaan energi dalam transmisi pada jaringan sensor nirkabel. Kemudian metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Nelder Mead Simplex yang menggunakan algoritma pencarian fungsi minimum pada ketiga variabel yang digunakan tersebut untuk jaringan sensor nirkabel dengan ukuran utamanya adalah ESB.

Teknik pengumpulan dan analisa data pada penelitian ini dilakukan dengan simulasi Matlab untuk melihat energi optimum yang dihasilkan dari penggunaan metode Nelder Mead Simplex yang dapat menemukan minimum dari fungsi skalar dari beberapa variabel yaitu batasan optimum pada jarak hop terhadap penggunaan energi.

Dalam proses penyimpulan hasil penelitian ini, ukuran utama yang digunakan yaitu ESB. ESB adalah rasio yang diharapkan dari jumlah data per paket dan total energi yang digunakan untuk mengirimkan paket yang diberikan. Cara penafsiran atau estimasi dari optimasi pada parameter-parameter lapisan fisik diperoleh dari nilai minimum pada ESB yang didapatkan dari penurunan bebas pada energi transmisi sampai dengan mencapai nilai nol. Secara umum dalam melakukan optimasi pada penggunaan energi jaringan sensor nirkabel dapat dituliskan pada persamaan (3).

$$E_{opt} = \arg \min(E, d, M) \quad (3)$$

Dimana  $E_{opt}$  merupakan Energi optimum yang digunakan pada jaringan sensor nirkabel, sedangkan  $E$  adalah Energi yang dikeluarkan pada node transmitter dan  $d$  adalah jarak antar hop node dengan menggunakan modulasi  $M$  sebagai skema modulasi dengan level yang berbeda yang digunakan pada jaringan sensor nirkabel.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa analisa yang telah dilakukan untuk optimasi untuk efisiensi energi pada jaringan sensor nirkabel melalui tiga parameter Jaringan Sensor Nirkabel.

#### 1) Jarak hop antar node sensor

Analisa dalam efisiensi energi melalui jarak hop antar node sensor ini dapat dilakukan dengan jumlah node yang tak terbatas dan jumlah node yang terbatas.

#### 2) Skema modulasi yang digunakan untuk mengirimkan informasi

Dalam penelitian ini, analisa yang dilakukan untuk efisiensi energi melalui jarak hop antar node sensor masih menggunakan modulasi BFSK.

#### 3) Energi pada node sensor

Analisa dalam efisiensi energi melalui jarak hop antar node sensor ini dapat dilakukan melalui transmisi energi pada node sensor.

### 3.1. Efisiensi Energi Pada Jaringan Sensor Nirkabel Melalui Hop Antar Node Sensor

Untuk melakukan efisiensi energi pada jaringan sensor nirkabel dilakukan beberapa skenario yaitu dengan melakukan perubahan jarak antar node jaringan dan dengan menggunakan modulasi BFSK.

#### 1) Penggunaan Energi Total Pada Jaringan Sensor Nirkabel Yang Menggunakan 2 Node:

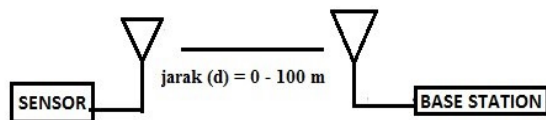
Dalam analisa optimasi jaringan sensor nirkabel melalui hop-hop antar node tersebut dilakukan pemodelan energi dan hopping antar node sensor nirkabel. Dalam pemodelan tersebut diberikan asumsi energi yang dibutuhkan untuk mengirim paket pada persamaan 1.

Untuk meminimalkan total energi yang dibutuhkan untuk memindahkan informasi dari sumber ke tujuan dalam jaringan sensor nirkabel yang ditempatkan dengan jarak  $D$ . Asumsi bahwa jaringan hanya menggunakan 2 node dengan 1 hop. Dalam analisa energi tersebut digunakan turunan persamaan untuk optimasi jaringan yang saling berkenaan dengan  $E_{RX}$  dan  $E_{TX}$ . Sebagai contoh dengan asumsi  $E_{TX} = 50$ ,  $E_{RX} = 10$ ,  $\alpha = 1$  dan  $n = 3$  yang diringkaskan dalam tabel 1. Maka dapat dicari jumlah optimal dari hop untuk memindahkan informasi dengan jarak sumber ke tujuan  $D = 100$ . Untuk konfigurasi pengukuran pada simulasi ini dapat dijelaskan pada Gambar 8.

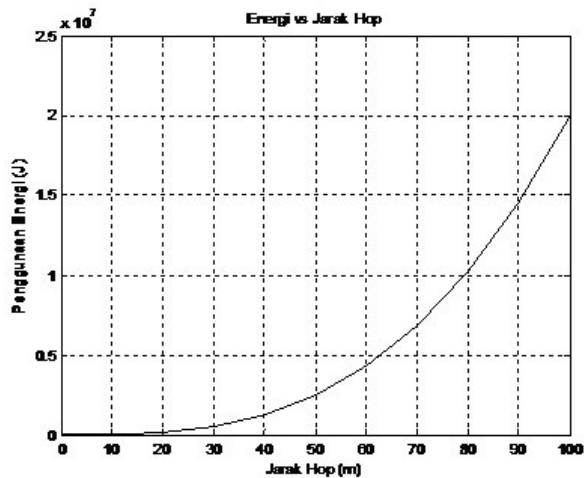
**Tabel 1.** Parameter Lapisan Fisik Yang Digunakan

Parameter	Nilai
Energi transmisi ( $E_{TX}$ )	50 J
Energi diterima ( $E_{RX}$ )	10 J
Konstanta redaman	1
Koefisien Propagasi	3





Gambar 8. Konfigurasi Pengukuran 2 Node



Gambar 9. Grafik Pengukuran 2 Node

Gambar 9 merupakan hasil dari penggunaan energi total yang menggunakan 2 node. Semakin dekat jarak kedua node tersebut maka akan semakin sedikit penggunaan energinya dan sebaliknya jika jarak kedua node tersebut semakin jauh maka semakin besar penggunaan energinya.

## 2) Penggunaan Energi Total Pada Jaringan Sensor Nirkabel Yang Menggunakan 3 Node:

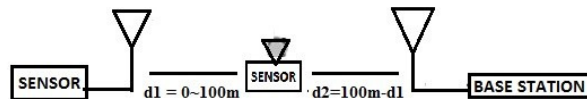
Asumsi bahwa terdapat 1 buah node yang ditempatkan bebas antara dua node untuk keperluan relaying. Dalam analisa energi tersebut digunakan turunan persamaan untuk optimasi jumlah perubahan hop yang saling berkenaan dengan  $E_{RX}$  dan  $E_{TX}$ . Sebagai contoh dengan asumsi  $E_{RX} = 50$ ,  $E_{TX} = 10$ ,  $\alpha = 1$ , dan  $n = 3$  seperti pada tabel 1. Maka dapat dicari jumlah optimal dari hop untuk memindahkan informasi dengan jarak sumber ke tujuan  $D = 100$ . Dalam melakukan pencarian jumlah optimal dari hop tersebut akan dilakukan penyederhanaan dari permasalahan jarak  $D$  yang dilayani dengan dua hop dengan masing-masing jarak  $d1$  dan  $d2$ , dimana  $d1 + d2 = D$ . Dari penyederhanaan pada permasalahan jarak  $D$  tersebut maka dapat ditemukan  $d1$  (yang berarti juga  $d2$ ) yang optimal untuk meminimisasi penggunaan energi. Dalam optimasi tersebut juga

dapat mencari jumlah energi yang digunakan untuk transmisi paket dua hop dengan konfigurasi dalam pengukuran yang menggunakan 3 node tersebut dapat dijelaskan pada Gambar 10 dan cara memvariasikan jarak  $d1$  dan  $d2$  dalam Gambar 11.

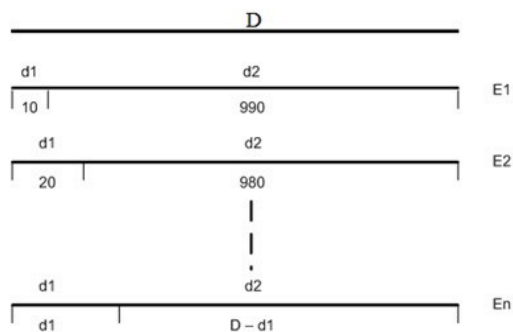
Hasil dari penggunaan energi total yang menggunakan 3 node dapat dijelaskan pada Gambar 12 yang dapat diketahui bahwa untuk mendapatkan penggunaan energi yang optimum, maka jarak antar hop yang satu dengan yang lainnya ( $d1$  dan  $d2$ ) adalah sama yaitu 50 m.

## 3) Penggunaan Energi Total Pada Jaringan Sensor Nirkabel Yang Menggunakan 30 Node:

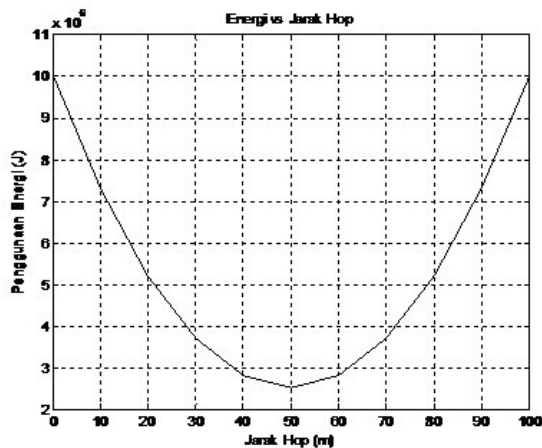
Dalam efisiensi transmisi energi melalui jarak hop antar node sensor tersebut mempunyai jumlah node sebanyak 30. Untuk menghitung jumlah energi yang digunakan untuk tiga hop dan seterusnya (dibatasi sampai 30 hop) digunakan jarak antar node yang sama, kemudian menentukan jumlah hop yang menghasilkan nilai penggunaan energi yang optimum. Semakin banyak jumlah hop atau jumlah node yang digunakan, maka semakin sedikit energi yang digunakan. Untuk konfigurasi pengukuran dalam bagian ini dapat dijelaskan pada Gambar 13.



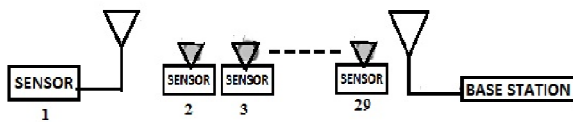
Gambar 10. Konfigurasi Pengukuran Antara 3 Node



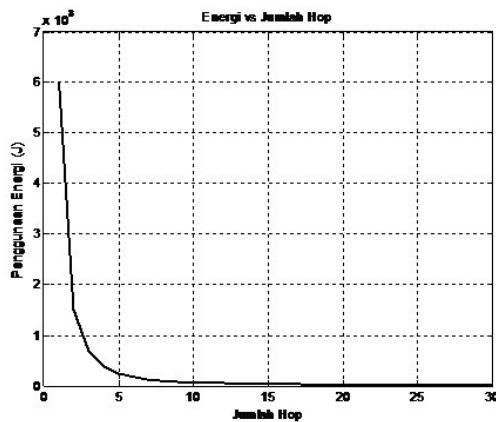
Gambar 11. Variasi Jarak Antara 3 Node



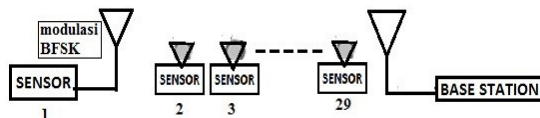
Gambar 12. Grafik Pengukuran 3 Node



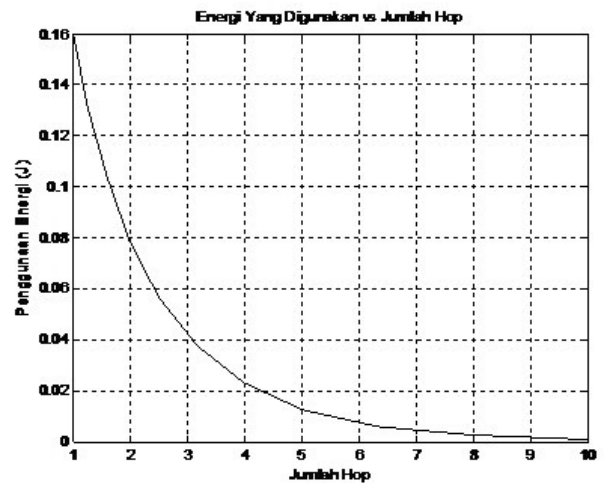
Gambar 13. Konfigurasi Pengukuran Antara 30 Node



Gambar 14. Grafik Pengukuran Pada 30 Node



Gambar 15. Konfigurasi Pengukuran Antara 30 Node Dengan Modulasi BFSK



Gambar 16. Grafik Pengukuran Antara 30 Node Dengan Modulasi BFSK

Hasil dari penggunaan energi total yang menggunakan 30 node dapat dijelaskan pada Gambar 14 yang menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah hop pada node sensor maka akan semakin berkurang penggunaan energi pada jaringan sensor nirkabel karena dalam transmisi antara node sensor menuju fusion center, data dikirimkan melalui relay jaringan yaitu pada node node tetangga.

#### 4) Penggunaan Energi Total Pada Jaringan Sensor Nirkabel Yang Menggunakan 30 Node Dengan Modulasi BFSK

Dalam analisa optimasi jaringan sensor nirkabel melalui menggunakan modulasi BFSK dimana terdapat dua simbol dalam pengiriman informasi yang mempunyai fase yang saling berbeda. Konfigurasi yang digunakan untuk pengukuran tersebut dapat dijelaskan melalui Gambar 15.

Hasil dari penggunaan energi total yang menggunakan 30 node yang menggunakan modulasi BFSK dapat dijelaskan pada Gambar 16 yang menunjukkan bahwa dengan menggunakan modulasi BFSK maka semakin banyak jumlah hop pada node sensor maka akan semakin berkurang penggunaan energi pada jaringan sensor nirkabel.

## 4. SIMPULAN

Optimasi lapisan fisik pada jaringan sensor nirkabel dengan metode Nelder Mead Simplex digunakan untuk mendapatkan nilai minimum pada penggunaan energi. Jaringan Sensor Nirkabel yang menggunakan 2 node, energi yang dibutuhkan akan semakin bertambah panjang jika jarak antara 2 node

yang digunakan (yang bertindak sebagai sumber dan pusat penerima data) maka energi yang digunakan untuk melakukan transmisi data tersebut akan semakin bertambah tinggi. Jaringan Sensor Nirkabel yang menggunakan 3 node dengan 1 node bertindak sebagai relay maka energi minimum akan didapatkan jika jarak kedua hop yang sama yaitu 50 m. Jaringan Sensor Nirkabel yang menggunakan node lebih banyak maka konsumsi tiap node untuk melakukan transmisi data akan menjadi sedikit karena jarak antara node yang satu dengan node yang lainnya menjadi lebih pendek. Demikian juga apabila digunakan modulasi BFSK juga akan semakin sedikit penggunaan energinya. Dalam penelitian ini untuk skema modulasi masih digunakan modulasi BFSK, diharapkan pengembangan berikutnya menggunakan modulasi lainnya dengan variasi level modulasi.

## 5. SARAN

Pada penelitian yang akan datang diharapkan dapat menggunakan sistem modulasi yang lainnya seperti ASK dan PSK dengan tingkat modulasi tertentu

## 6. Daftar Pustaka

- [1] Akyildiz I E, Su W, Sankarasubramaniam Y and Cayirci E (2006) A Survey on Sensor Networks. IEEE Communications Magazine.
- [2] Raghavendra C S, Sivalingam K M, and Znati T (2006) Wireless Sensor Network. United States of America.
- [3] Sankarasubramaniam Y, Akyildiz I E and Mchughlin S W (2003) Energy Efficiency Based Packet Size Optimization in Wireless Sensor Networks. School of Electrical and Computer Engineering Georgia Institute of Technology, Atlanta.
- [4] Park S, Shon M, and Choo H (2008) Energy-Efficient Multi-Hop Scheme Based on Routing Algorithm in Wireless Sensor Networks. 3rd International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology.
- [5] Yadong Y, Rong Z, and Jingjing D (2009) An Energy-Efficient Physical Layer Adaptive Modulation Scheme for Wireless Sensor Networks. The 1 st International Conference on Information Science and Engineering
- [6] Dargie W and Poellabauer C (2010) Fundamentals of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice. United Kingdom.
- [7] Akyildiz I F and Vuran M C (2010) Wireless Sensor Network. USA.
- [8] Alkhatib A A A and Baicher G S (2010) Wireless Sensor Network Architecture. International Conference on Computer Networks and Communication Systems, IPCSIT vol.35. IACSIT Press. Singapore.
- [9] Baudin M (2010) Nelder-Mead User's Manual.